



ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ,
ПАТЕНТАМ И ТОВАРНЫМ ЗНАКАМ

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(21), (22) Заявка: 2004122019/28, 16.07.2004

(24) Дата начала действия патента: 16.07.2004

(45) Опубликовано: 27.06.2005 Бюл. № 18

(56) Список документов, цитированных в отчете о поиске: RU 2230300 C2, 10.06.2004. RU 2107274 C1, 20.03.1998. SU 361399 A1, 01.01.1973. US 6476859 B1, 05.11.2002. US 3963926 A, 15.06.1976. WO 9854554 A1, 03.12.1998.

Адрес для переписки:

620002, г.Екатеринбург, К-2, ул. Мира, 19,
ГОУ УГТУ - УПИ, центр интеллектуальной
собственности

(72) Автор(ы):

Богатова Т.Ф. (RU),
Еременко Е.А. (RU),
Ефимова А.В. (RU),
Жилкин Б.П. (RU),
Зайцев А.В. (RU),
Зайцев В.А. (RU),
Осмаков В.Н. (RU),
Резинских В.Ф. (RU),
Хапонен Н.А. (RU)

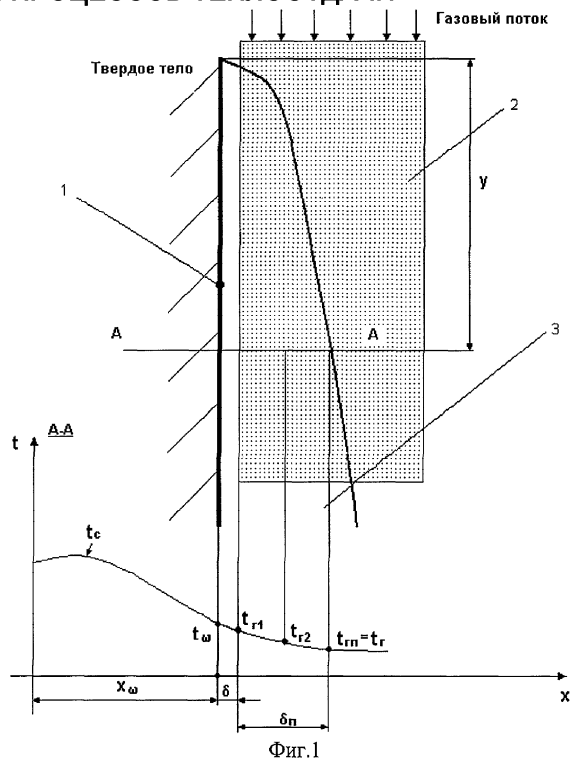
(73) Патентообладатель(ли):

Государственное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
"Уральский государственный технический
университет - УПИ" (RU)

(54) СПОСОБ ТЕПЛОВИЗИОННОЙ ДИАГНОСТИКИ ПРОЦЕССОВ ТЕПЛООТДАЧИ

(57) Реферат:

Использование: для тепловизионной диагностики процессов теплоотдачи. Сущность: заключается в том, что измерение температурного поля газового потока, производимое синхронно с измерением температурного поля твердого тела, осуществляют путем размещения в газовом потоке преобразователя температуры в виде сетки таким образом, что обрез сетки находится в пределах толщины пограничного слоя при ламинарном течении газового потока или в пределах толщины вязкого подслоя при турбулентном течении газового потока. Технический результат: уменьшение затрат времени, повышение точности измерения, сокращение числа операций и их упрощение, повышение комфортности, безопасности работы человека при проведении таких измерений и повышение достоверности результатов исследования. 4 ил.





FEDERAL SERVICE
FOR INTELLECTUAL PROPERTY,
PATENTS AND TRADEMARKS

(12) **ABSTRACT OF INVENTION**

(21), (22) Application: **2004122019/28, 16.07.2004**

(24) Effective date for property rights: **16.07.2004**

(45) Date of publication: **27.06.2005 Bull. 18**

Mail address:

620002, g.Ekaterinburg, K-2, ul. Mira, 19,
GOU UGTU - UPI, tsentr intellektual'noj
sobstvennosti

(72) Inventor(s):

Bogatova T.F. (RU),
Eremenko E.A. (RU),
Efimova A.V. (RU),
Zhilkin B.P. (RU),
Zajtsev A.V. (RU),
Zajtsev V.A. (RU),
Osmakov V.N. (RU),
Rezinskikh V.F. (RU),
Khaponen N.A. (RU)

(73) Proprietor(s):

Gosudarstvennoe obrazovatel'noe uchrezhdenie
vysshego professional'nogo obrazovaniya
"Ural'skij gosudarstvennyj tekhnicheskij
universitet - UPI" (RU)

(54) **MODE OF THERMAL IMAGING DIAGNOSTICS OF HEAT EMISSION PROCESSORS**

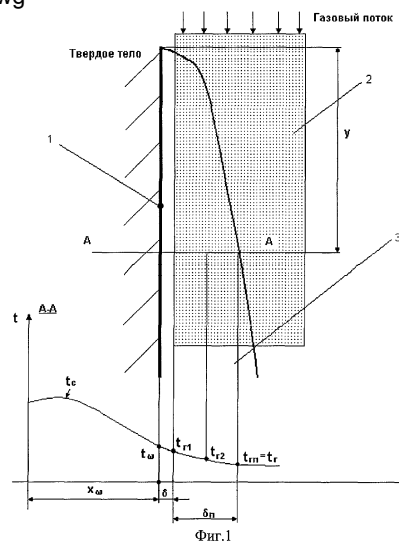
(57) Abstract:

FIELD: for thermal imaging diagnostics heat emission processors.

SUBSTANCE: the mode is in that measuring of temperature field of gas flow carrying on synchronously with measuring of temperature field of a solid body is executed by way of locating in the gas flow of a transformer of the temperature in the shape of a net in such a manner that the edge of the net is in the limits of the thickness of the frontier layer at streamline flow of the gas flow or in the limits of the thickness of the sticky under-layer at turbulent current of the gas flow.

EFFECT: decreasing of expenditure of time, increasing accuracy of measuring, shortening of number of operations and their simplification; increasing comfort, safety of a man's work at carrying on such measuring and increasing reliability of the results of the study.

4 dwg



Изобретение относится к области измерения температурных полей твердых тел и газовых потоков и определения интенсивности теплообмена (теплоотдачи) между ними.

В практике тепловизионной диагностики тепломеханического оборудования (горелки, турбины, котлы, печные устройства и т.п.), а также при исследованиях их моделей, традиционно ставится задача измерения распределения температуры по поверхности установки для выявления неисправностей в работе самого оборудования и получения данных о состоянии их обмуровки, изоляции. При этом необходимо измерять температуру в большом числе точек. Кроме того, необходимо проводить измерения в течение короткого временного интервала (одномоментно), поскольку температурное поле может меняться с течением времени, а в ряде случаев проведение длительных измерений невозможно по условиям безопасности или связано с большими энергозатратами.

На практике для обеспечения таких исследований применяют инфракрасные камеры (тепловизоры), которые позволяют выполнить все перечисленные условия. Такие исследования проводятся, согласно отраслевых (РАО "ЕЭС") руководящих материалов РД 153-34.0-20.364-00 "Методика инфракрасной диагностики тепломеханического оборудования", разработанных ОАО "Фирма ОРГРЭС", Москва, 2000 г.

В том случае, когда ставится задача определения интенсивности теплообмена, то согласно тем же руководящим материалам, подобные исследования можно провести при помощи преобразователя теплового потока (ИТП-11) или прибором, аналогичным ему, но данный способ связан с большим количеством неудобств, таких, как длительность обследования, связанная с тепловой инерцией устройства, поверхность которого термометрируется (до 15 суток), ограниченный диапазон измерений, погрешность прибора, зависящая от внешних условий. Этот вариант требует огромного количества операций при исследовании большой поверхности, т.к. он позволяет определить лишь локальное значение теплового потока. Также возможен расчет плотности теплового потока по результатам тепловизионной съемки, но в этом случае значение будет носить приближенный характер (т.к. в процессе будут использованы приближенные величины, например излучательная способность поверхности объекта) или, при необходимости более точных результатов, потребуются значительное увеличение продолжительности процедуры определения, вызванное проведением дополнительных контактных замеров температуры поверхности объекта.

Однако знание распределения температур на поверхности не позволяет корректно ответить на вопрос, под действием каких факторов сложилось это распределение, поскольку неизвестно температурное поле в сопряженном с исследуемой поверхностью газовом потоке.

Вместе с тем существует устройство для измерения температурного поля в газовых потоках различной конфигурации, в котором предложен преобразователь температур в виде сетки для визуализации теплового поля газового потока при помощи тепловизора. (Патент на изобретение №2230300, зарегистрированный в Государственном реестре изобретений Российской Федерации 10 июня 2004 г.).

Для значительного упрощения комплексной тепловизионной диагностики объекта, сокращения времени проведения исследований, повышения точности определяемых величин, получения достоверной тепловой картины твердого тела и влияющих на него газовых потоков предлагается способ сопряженной диагностики температурных полей в твердом теле и омывающем его газовом потоке.

Данный способ представляет собой синтез традиционной методики тепловизионной диагностики твердых тел и изучение газового потока с помощью упомянутого выше преобразователя температур, причем получение тепловой картины для твердого тела и газового потока происходит одномоментно, что позволяет значительно сократить время обследований и исключить из процесса какие-либо другие приборы, кроме инфракрасной камеры.

Технические задачи, решаемые применением предлагаемого способа, - одномоментное измерение температурного поля твердого тела и газового потока, связанного с ним, в

максимально большей области, а также определение локальной величины теплового потока, которым обмениваются твердое тело и газовая среда, а также локального коэффициента теплоотдачи.

Технический результат, достигаемый применением предлагаемого способа, заключается в уменьшении затрат времени, повышении точности измерения, сокращении числа операций и их упрощении, повышении комфортности, безопасности работы человека при проведении таких измерений.

Это достигается тем, что устройство содержит преобразователь температуры и тепловизионную камеру, совместное использование которых позволяет получить представление не только о температурном поле поверхности твердого тела, но и о термическом состоянии газовой среды, омывающей эту поверхность. Преобразователь температуры выполнен по условиям патента на изобретение (Патент на изобретение №2230300, зарегистрированный в Государственном реестре изобретений Российской Федерации 10 июня 2004 г.), однако в нашем случае расстояние между нитями сетки может быть разным в различных областях сетки.

Определяющее значение для точности замеров температурных полей твердого тела и газа и определения интенсивности теплоотдачи имеют условия размещения кромки сетки-преобразователя относительно поверхности твердого тела. При этом необходимо предотвратить непосредственную передачу тепла от твердого тела к преобразователю температур, т.к. при этом тепловая картина в газовом потоке будет искажена вследствие прямой передачи тепла путем теплопроводности по нитям сетки.

Решение этой проблемы достигается тем (см. фиг.1), что обрез сетки 2 удален от поверхности твердого тела 1 на расстояние δ , но вместе с тем он должен находиться: при ламинарном течении в пределах толщины пограничного слоя δ_n , а при турбулентном течении - в пределах толщины вязкого подслоя. Определение локальных плотности теплового потока и коэффициента теплоотдачи основано на том, что в этих структурных гидродинамических образованиях тепло передается теплопроводностью (Исаченко В.П., Осипова В.А., Сукомел А.С. Теплопередача. "Энергия", 1965). При известной скорости потока ω величина δ_n определяется по формуле (Юдаев Б.Н. Техническая термодинамика. Теплопередача. М.: Высшая школа, 1988. - 479 с. С.292):

$$\delta_n = \frac{4,64y}{\sqrt{Re_y}}, \quad (1)$$

где y - характерный размер поверхности тела, м;

$$Re = \frac{ay}{\nu} \text{ - критерий Рейнольдса;}$$

ν - коэффициент кинематической вязкости газовой среды, m^2/s .

Там же приведена (с.292) методика расчета толщины вязкого подслоя при турбулентном течении.

В том случае, когда скорость потока неизвестна, нахождение обреза сетки внутри упомянутых образований проверяется следующим образом.

По известной температуре поверхности t_w и температурам газа в пограничном слое ($t_{г1}, t_{г2}, t_{гп}$) строится распределение температур (см. фиг.1), которое аппроксимируется с помощью полинома или какой-либо другой функции. По этому распределению, решая сопряженную задачу с граничными условиями 4-го рода, вычисляется по (2) коэффициент теплопроводности среды газового потока $\lambda_{гп}$ и его значение сравнивается с табличным значением коэффициента молекулярной теплопроводности газа λ_r .

$$\lambda_{гп} = \lambda_w \frac{\left(\frac{\partial t_w}{\partial x} \right)_{x=x_w}}{\left(\frac{\partial t_r}{\partial x} \right)_{x=x_w}}, \quad (2)$$

где λ_w - коэффициент теплопроводности твердого тела, Вт/мК;

t_g - температура газовой среды, К;

t_w - температура твердого тела, К.

Совпадение этих величин ($\lambda_{гр} \approx \lambda_{гг}$) подтверждает существование слоистого

ламинарного режима течения и выполнение указанных выше условий расположения обреза сетки внутри пограничного слоя.

Описанная выше процедура расположения сетки производится и для случая вязкого подслоя при турбулентном течении.

В этих случаях размер ячейки должен быть таким, чтобы можно было определить температуру газа не менее чем в трех точках до поверхности пограничного слоя.

На основе этих данных определяется локальная плотность теплового потока q_y как:

$$q_y = \lambda_g \left(\frac{\partial t_g}{\partial x} \right)_{x=x_w}, \quad (3)$$

и локальный коэффициент теплоотдачи α_y :

$$\alpha_y = \frac{q_y}{t_g - t_w}, \quad (4)$$

где t_w - температура поверхности твердого тела.

На фиг.2 изображена схема установки, при помощи которой реализуется данный способ инфракрасного анализа тепловой ситуации. Показаны компоненты устройства:

преобразователь температуры 2 в виде сетки из нитей, тепловизионная камера 3, имеющая в своем составе компьютер 4. Преобразователь температуры помещен в исследуемую область газовой среды, окружающей твердое тело 1, согласно указанным выше условиям.

На мониторе тепловизионной камеры образуется визуальный образ температурных полей поверхности твердого тела, газового потока и соответствующая шкала "цвет-температура".

На фиг.3 дан пример цветовой тепловизионной картины температурного поля поверхности бытового масляного нагревателя "Polaris eco" модель PRE M 0720F, полученной применением традиционной методики. На фиг.4 приведен вид тепловой картины, полученной по предлагаемому способу, для того же нагревателя и окружающих газовых потоков: образованного свободной конвекцией с поверхности нагревателя (1) и созданного встроенным вентилятором (2).

Предлагаемая технология реализуется при работе устройства, показанного на фиг.2.

Устройство работает следующим образом.

Преобразователь температуры 2 в виде сетки из нитей, оснащенный тепловизионной камерой 3, имеющей в своем составе компьютер 4, помещается в газовый поток 5, омывающий исследуемое твердое тело 1. При прогреве (охлаждении) нитей сетки на сетке формируется температурное поле, идентичное температурному полю газового потока.

Тепловое излучение от нитей, интенсивность которого соответствует температуре газового потока, и, одновременно, тепловое излучение с поверхности твердого тела с помощью тепловизионной камеры 3 преобразуется в визуальный образ в виде цветового поля, отображаемого на компьютере 4 инфракрасной камеры. Этот визуальный образ расшифровывается в числовые значения температуры путем сопоставления цветов со шкалой "цвет-температура". Тем самым производится одномоментное измерение температурного поля газового потока и твердого тела в большом числе точек. Меняя положение сетки, можно получать температурные срезы газового потока.

Точность измерения температуры газовой среды обеспечивается выполнением нитей по патенту (Патент на изобретение №2230300, зарегистрированный в Государственном реестре изобретений Российской Федерации 10 июня 2004 г.) и размещением обреза сетки с выбранным шагом между нитями в пограничном слое газового потока у поверхности твердого тела.

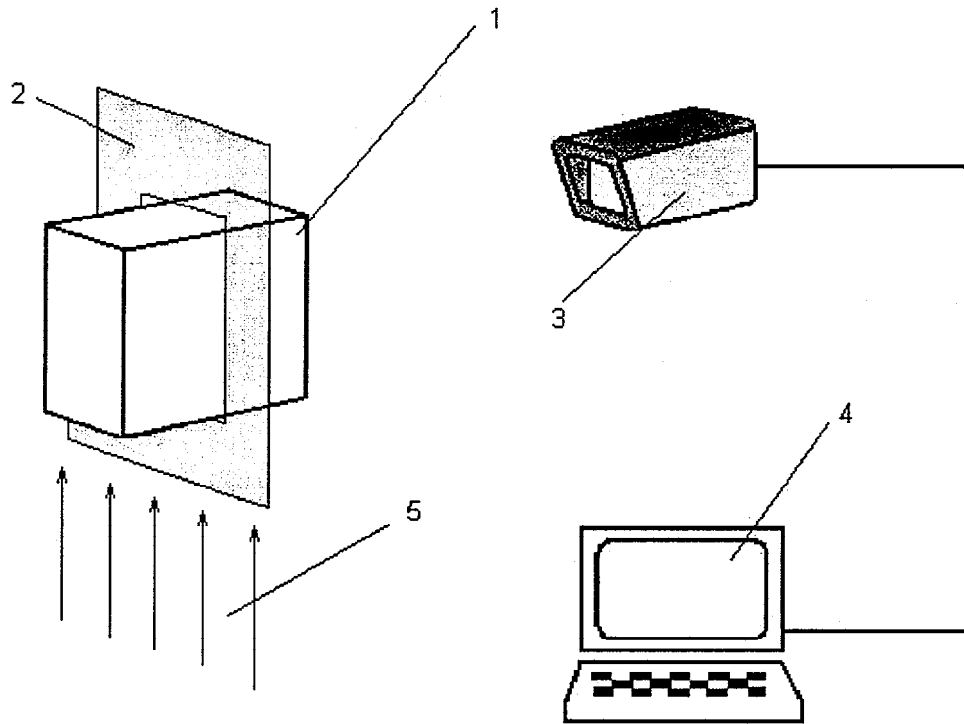
Сокращение числа операций и их упрощение, повышение комфортности и безопасности работы человека при проведении измерений достигается за счет того, что

экспериментатор выполняет лишь однократное или небольшое количество операций за время эксперимента, а измерение производит путем дистанционного наблюдения и расшифровки картины температурных полей сетки и поверхности твердого тела на экране монитора тепловизионной камеры. Дополнительно такой способ позволяет уяснить
5 причины формирования данной температурной ситуации, вычислить локальный коэффициент теплоотдачи и плотность теплового потока от твердого тела к газовой среде, не прибегая к каким-либо дополнительным измерениям, что может значительно облегчить и ускорить численный анализ интенсивности теплоотдачи.

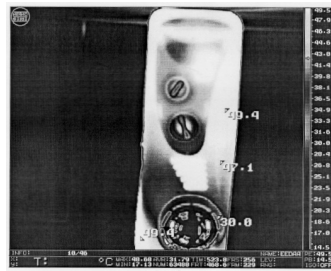
Данный способ тепловизионной диагностики был разработан и опробован в
10 лабораторных условиях при исследовании вынужденной конвекции от различных твердых тел, а также от бытового нагревателя. Проведенные исследования показали целесообразность применения данного способа на практике при тепловизионной диагностике тепломеханического оборудования, включая определение тепловых потерь с его поверхности.

Формула изобретения

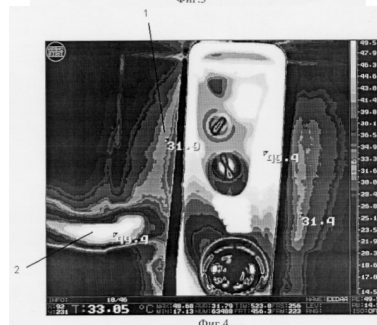
Способ тепловизионной диагностики процессов теплоотдачи, включающий измерение температурных полей твердого тела и газового потока, отличающийся тем, что измерение температурного поля газового потока, производимое синхронно с измерением
20 температурного поля твердого тела, осуществляют путем размещения в газовом потоке преобразователя температуры в виде сетки таким образом, что обрез сетки находится в пределах толщины пограничного слоя при ламинарном течении газового потока или в пределах толщины вязкого подслоя при турбулентном течении газового потока.



Фиг.2



Фиг.3



Фиг.4



ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ,
ПАТЕНТАМ И ТОВАРНЫМ ЗНАКАМ

(12) ИЗВЕЩЕНИЯ К ПАТЕНТУ НА ИЗОБРЕТЕНИЕ

(21), (22) Заявка: 2004122019/28, 16.07.2004

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
16.07.2004

(45) Опубликовано: 27.06.2005

(56) Список документов, цитированных в отчете о
поиске: RU 2230300 C2, 10.06.2004. RU 2107274
C1, 20.03.1998. SU 361399 A1, 01.01.1973. US
6476859 B1, 05.11.2002. US 3963926 A,
15.06.1976. WO 9854554 A1, 03.12.1998.

Адрес для переписки:

620002, г.Екатеринбург, К-2, ул. Мира, 19,
ГОУ УГТУ - УПИ, центр интеллектуальной
собственности

(72) Автор(ы):

Богатова Т.Ф. (RU),
Еременко Е.А. (RU),
Ефимова А.В. (RU),
Жилкин Б.П. (RU),
Зайцев А.В. (RU),
Зайцев В.А. (RU),
Осмаков В.Н. (RU),
Резинских В.Ф. (RU),
Хапонен Н.А. (RU)

(73) Патентообладатель(и):

Государственное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
"Уральский государственный технический
университет - УПИ" (RU)

(54) СПОСОБ ТЕПЛОВИЗИОННОЙ ДИАГНОСТИКИ ПРОЦЕССОВ ТЕПЛООТДАЧИ

Опубликовано на CD-ROM: MIMOSA RBI 2005/18D RBI200518D

ММ4А - Досрочное прекращение действия патента СССР или патента Российской Федерации на изобретение из-за неуплаты в установленный срок пошлины за поддержание патента в силе

(21) Регистрационный номер заявки: 2004122019

Дата прекращения действия патента: 17.07.2006

Извещение опубликовано: 27.02.2008 БИ: 06/2008